

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ОЦЕНКИ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ АЛЛОПЛАСТИКИ БРЮШНОЙ СТЕНКИ

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF EVALUATION OF THE TECHNIQUE OF ABDOMINAL WALL ALLOPLASTY OPERATION PERFORMANCE

D. Gavrukov

S. Kapralov

M. Polidanov

K. Volkov

D. Tashukhozhaeva

Summary. The aim of the study is to experimentally justify the method of evaluation of the technique of abdominal wall alloplasty operation. *Materials and methods.* 40 laboratory animals — rats of 'Standard' breed, weighing 450 ± 50 g was used as biological models in the experiment. Alloplasty with fixed and unfixed antemuscular and retromuscular location of the mesh graft (Esfil, RF) was performed under general anaesthesia in aseptic conditions in the experimental operating room. We formed 4 observation groups (10 experimental rats in each group) depending on the method of alloplasty. In the 1-st group alloplasty was performed retromuscularly with fixation of the retinal graft, in the 2-nd group alloplasty was performed retromuscularly without fixation of the retinal graft; in the 3-rd group alloplasty was performed antemuscularly with fixation of the retinal graft, in the 4-th group alloplasty was performed antemuscularly without fixation of the retinal graft. On the 14th day the material was taken for biomechanical and morphological studies. The biomechanical properties were assessed by means of the tearing machine «INSTRON-5944». Tissue samples from the abdominal wall fragments containing grafts were subjected to the morphological study. The slices were stained by the method of ORB («orange-red-blue») modified by D.D. Zerbino and L.L. Lukasevich (1993). The preparations were examined and photographed under a light microscope «Leica Scope A1» with an integrated digital camera «Leica DC-500» at a magnification of 100 times. *Results of the study.* Based on the conducted experimental study, it can be concluded that morphological signs of collagen immaturity, cellular pattern of leukocytic infiltration of the postoperative scar are unfavourable signs worsening the quality of ventroplasty. On the contrary, morphological signs of mature collagen of the postoperative scar, minimal leukocytic infiltration, presence of fibroblasts in the scar testify to the favourable character of the wound process and sufficient quality of the performed ventroplasty. *Conclusions.* Thus, the data on the importance of morphological examination of the postoperative scar on the 14th day after the operation are confirmed by the subsequent testing of the operated abdominal wall on the tearing machine: at unfavourable morphological picture there is a decrease in the strength characteristics of the abdominal wall.

Гавруков Дмитрий Сергеевич

Врач-хирург, заведующий хирургическим
отделением №4, Городская клиническая больница
имени С.С. Юдина, г. Москва

Капралов Сергей Владимирович

доктор медицинских наук, доцент,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
sergejkapralov@yandex.ru

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanov@yandex.ru

Волков Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского»

Ташухожеева Диана Тахировна

кандидат медицинских наук, доцент,
Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов

Аннотация. Цель исследования экспериментально обосновать способ оценки методики выполнения операции аллопластики брюшной стенки. *Материалы и методы.* В качестве биологических моделей в эксперименте использовались 40 лабораторных животных — крыс, породы «Стандарт», массой 450 ± 50 г. В условиях экспериментальной операционной животным под общей анестезией в асептических условиях выполнялась аллопластика с фиксированным и нефиксированным антемускулярным и ретромускулярным расположением сетчатого трансплантата (Эсфил, РФ). Формировали 4 группы наблюдения (по 10 экспериментальных крыс в каждой группе) в зависимости от способа аллопластики. В 1-й группе производили аллопластику ретромускулярно с фиксацией сетчатого трансплантата, во 2-й группе производили аллопластику ретромускулярно без фиксации сетчатого трансплантата; в 3-й группе производили аллопластику антемускулярно с фиксацией сетчатого трансплантата, в 4-й группе производили аллопластику антемускулярно без фиксации сетчатого трансплантата. На 14-е сутки производился забор материала для биомеханического и морфологического исследований. Оценка биомеханических свойств путем производилась на разрывной машине «INSTRON-5944». Морфологическому исследованию подвергались образцы тканей из фрагментов брюшной стенки, содержащих трансплантаты. Срезы окрашивались методом ОКГ («оранжевый-красный-голубой»), модифицированным Д.Д. Зербино и Л.Л. Лукаевич (1993). Исследование и фотографирование препаратов проводились под световым микроскопом «Leica Scope A1» с интегрированной цифровой камерой «Leica DC-500» при увеличении в 100 раз. *Результаты исследования.* На основании проведенного экспериментального исследования можно сделать вывод о том, что морфологические признаки незрелости коллагена, клеточная картина лейкоцитарной инфильтрации послеоперационного рубца являются неблагоприятными признаками, ухудшающими качество вентропластики. Напротив, морфологические признаки зрелого коллагена после-

Keywords: ventral hernias, prosthetic alloplasty, biomechanical properties of mesh grafts, tearing machine, morphological evaluation.

перационного рубца, минимальная лейкоцитарная инфильтрация, наличие в рубце фибробластов свидетельствуют о благоприятном характере раневого процесса и достаточном качестве выполненной вентропластики. Выводы. Данные о значении морфологического исследования послеоперационного рубца на 14-е сутки после операции коррелируют с последующим испытанием оперированной брюшной стенки на разрывной машине: при неблагоприятной морфологической картине наблюдается снижение прочностных характеристик брюшной стенки.

Ключевые слова: вентральные грыжи, протезирующая аллопластика, биомеханические свойства сеточных трансплантатов, разрывная машина, морфологическая оценка.

Введение

Послеоперационные вентральные грыжи развиваются у 4–15 % больных, перенесших лапаротомию, и занимают второе место по частоте встречаемости после паховых грыж. Наиболее часто послеоперационные вентральные грыжи возникают после экстренных вмешательств, а в их структуре преобладают грыжи срединной локализации. Вопросы хирургического лечения вентральных грыж до сих пор остаются в ряду самых важных проблем абдоминальной хирургии [1–3].

На протяжении трех последних десятилетий приоритетным направлением является пластика с применением синтетических протезов [4,5]. К настоящему времени она достигла того рубежа, когда назрела необходимость глубокого анализа накопленного опыта. Особую актуальность при этом приобрели вопросы, связанные с необходимостью индивидуального подхода к выбору способа протезирующей пластики с разработкой новых способов, с тщательным изучением непосредственных и отдаленных результатов и прогнозом поздних осложнений, связанных с миграцией сетки и рецидивом грыжи.

На современном этапе развития аллопластики сформирована четкая позиция о недостаточной надежности аутопластических методик при отсутствии дифференцированного подхода к их применению [6, 7].

Однако существующие методики [8–10] не позволяют выбрать вид аллопластики брюшной стенки, которая бы обеспечивала снижение риска возникновения поздних раневых осложнений. При анализе отдаленных результатов применения различных способов вентропластики оценивают частоту возникновения рецидива грыжи, но в экспериментальной хирургии этот подход неприемлем.

В связи с вышеперечисленным, цель исследования: экспериментально обосновать способ оценки методики выполнения операции аллопластики брюшной стенки.

Материалы и методы исследования

В качестве биологических моделей в эксперименте использовались 40 лабораторных животных — крысы, породы «Стандарт», массой 450 ± 50 г. Все манипуляции и содержание животных было регламентировано локальным этическим комитетом Медицинского университета «Реавиз» (протокол № 9, 10.09.2024). Условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений», приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики», ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами» (актуализированным от 01.01.2021). В условиях экспериментальной операционной животным под общей анестезией в асептических условиях выполнялась аллопластика с фиксированным и нефиксированным антемускулярным и ретромускулярным расположением сетчатого трансплантата (Эсфил, РФ). Формировали 4 группы наблюдения (по 10 экспериментальных крыс в каждой группе) в зависимости от способа аллопластики. В 1-й группе производили аллопластику ретромускулярно с фиксацией сетчатого трансплантата, во 2-й группе производили аллопластику ретромускулярно без фиксации сетчатого трансплантата; в 3-ей группе производили аллопластику антемускулярно с фиксацией сетчатого трансплантата, в 4-ой группе производили аллопластику антемускулярно без фиксации сетчатого трансплантата.

Для моделирования аллопластики с ретромускулярным расположением сетчатого трансплантата после рассечения передней стенки влагалища прямых мышц живота формировали ретромускулярное ложе и размещали трансплантат размером 2х2 см, имитируя заднюю сепарационную аллопластику. Восстановлением белой линии живота укрывали трансплантат прямыми мышцами и передними пластинками их влагалищ.

Для моделирования аллопластики с антемусклярным расположением сетчатого трансплантата выполнялось рассечение передней брюшной стенки до фасциального слоя, формировали антемусклярное ложе и размещали трансплантат размером 2х2 см, имитируя заднюю сепарационную аллопластику. Восстановлением белой линии живота укрывали трансплантат подкожно-жировым слоем.

На 14-е сутки производился забор материала для биомеханического и морфологического исследований. Оценка биомеханических свойств путем производилась на разрывной машине «INSTRON-5944». С целью анализа данных испытаний брюшной стенки на растяжение строили графики зависимости напряжений и деформаций от времени. Анализировали напряжение (параметр, необходимый для сравнения напряженности структурных элементов ткани, полученный путем произведения относительной разрывной нагрузки на плотность ткани; Мпа), деформацию, с максимальным значением нагрузки (Н) и модуль Юнга (модуль упругости) (Па) в момент смены фаз биомеханического поведения и в момент максимальной деформации, предшествовавшей разрыву лоскута.

Морфологическому исследованию подвергались образцы тканей из фрагментов брюшной стенки, содержащих трансплантаты. Срезы окрашивались методом ОКГ («оранжевый-красный-голубой»), модифицированным Д.Д. Зербино и Л.Л. Лукасевич (1993), который включает использование оранжевого, который используется для выявления коллагеновых волокон, красного (для окраски эритроцитов и других клеточных структур, содержащих гемоглобин) и голубого цветов (предназначен для контрастного выделения ядер клеток и некоторых компонентов соединительной ткани), а также их переходных оттенков. Это позволяло выявлять изменения в стенках сосудов, обусловленные наличием фибрина,

и оценивать общую морфологическую картину тканей. Исследование и фотографирование препаратов проводились под световым микроскопом «Leica Scope A1» с интегрированной цифровой камерой «Leica DC-500» при увеличении в 100 раз.

Полученные цифровые данные с разрывной машины «INSTRON-5944» были обработаны методами вариационного математического анализа. Количественные данные в исследуемых группах были представлены в виде среднего арифметического (М), и среднеквадратического отклонения (SD; σ). Коэффициент доверия определяли как предельную ошибку выборки ΔX_{cp} , вычисляемую по формуле $\Delta X_{cp} = t_{\mu_{cp}}$, т.е. предельная ошибка выборки равна t-кратному числу средних ошибок выборки. Различия интерпретировались как достоверные при вероятности ошибки менее 5 % ($p < 0,05$), т.е. если $p > 0,05$, нулевая гипотеза — не отвергалась.

Результаты и их обсуждение

В результате сравнения показателей биомеханических свойств брюшной стенки были получены следующие усредненные значения нагрузки (Н), напряжения (Мпа), и модуля Юнга (Па), представленные на рисунке 1. Следует уточнить, что до 35 секунд исследуемый материал вел себя как упругопластический, а после — уже были выявлены неупругие процессы разрушения.

Анализируя данные с разрывной машины «INSTRON-5944», представленные на графике на рисунке 1, были выявлены наилучшие показатели в 1-й и 2-й группах (после выполненной аллопластики при ретромусклярном расположении сетчатого трансплантата). Однако следует уточнить, что между 1-й и 2-й группами не было выявлено значимых изменений, что дает основание полагать, что фиксация сетчатого трансплантата к тканям брюшной стенки не приводит к значимому

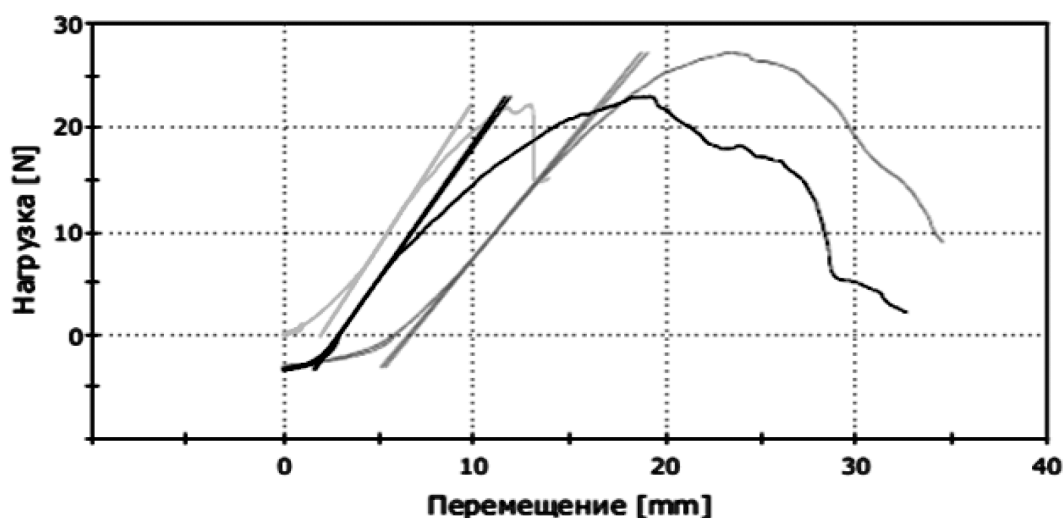


Рис. 1. Результаты биомеханических испытаний экспериментальных образцов

улучшению прочностных характеристик оперированной брюшной стенки.

Морфологическими признаками благоприятного течения раневого процесса при моделировании аллопластики у лабораторных животных являются появление незрелого коллагена с заметными процессами капилляризации, а также интеграцией сетчатого трансплантата с мышечными волокнами в срок до 14 суток после операции при минимальной лейкоцитарной инфильтрации (рисунки 2, 3); признаками неблагоприятного раневого процесса является отсутствие незрелого коллагена в срок до 14 суток после операции при выраженной лейкоцитарной инфильтрации, с визуализацией множественных кистозных образований, наличием клеток инородных тел, а также отмечающейся атрофией мышечного волокна (рисунки 4, 5).

Анализируя полученные результаты при ретромулярном положении сетчатого трансплантата, следует отметить, что на 14 сутки заметно наличие выраженных компенсаторных процессов, а также отсутствие диффузной лейкоцитарной инфильтрации всех слоев брюшины, чего нельзя сказать при результатах антемулярного

положения сетчатого трансплантата (рисунки 4, 5), при котором клеточная реакция была представлена очаговыми скоплениями нейтрофильных лейкоцитов с тенденцией к диффузному их распространению, а сосуды артериального и венозного звена были неравномерного кровенаполнения.

Таким образом, результаты исследований показали, что метод ОКГ (в модификации Д.Д. Зербино и Л.Л. Лукасевич (1993)) позволяет достоверно выявлять фибрин, позволяя эффективно дифференцировать его от окружающих тканей, установить возраст и морфологическую структуру. Структура внутри— и внесосудистого фибрина несколько различалась, тогда как цвет фибрина при окраске не зависел от подшивания сетчатого трансплантата, однако следует отметить, что на 14 сутки при ретромулярно расположении сетчатого трансплантата отсутствует лейкоцитарная инфильтрация, что является весьма ценный критерий.

При морфологическом исследовании, также было подтверждено, что фиксация сетчатого трансплантата к тканям брюшной стенки не приводит к значимому улучшению прочностных характеристик оперирован-



Рис. 2. Морфологическая картина образцов тканей фрагментов брюшной стенки образцов 1-й группы

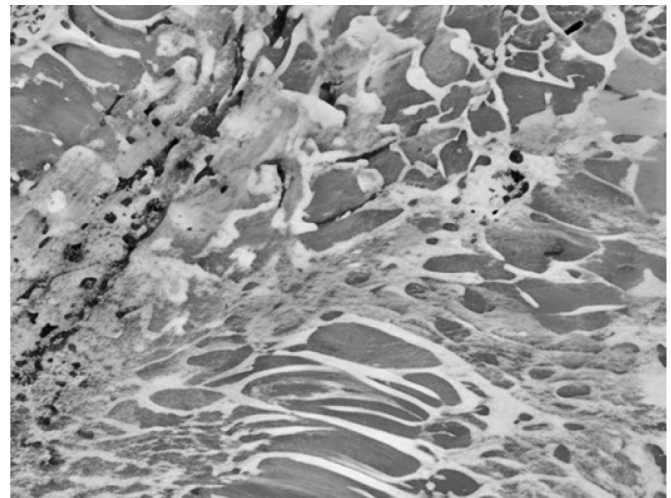


Рис. 3. Морфологическая картина образцов тканей фрагментов брюшной стенки образцов 2-й группы

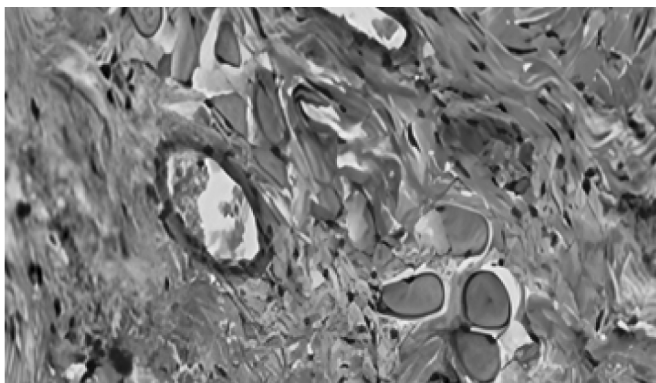


Рис. 4. Морфологическая картина образцов тканей фрагментов брюшной стенки образцов 3-й группы

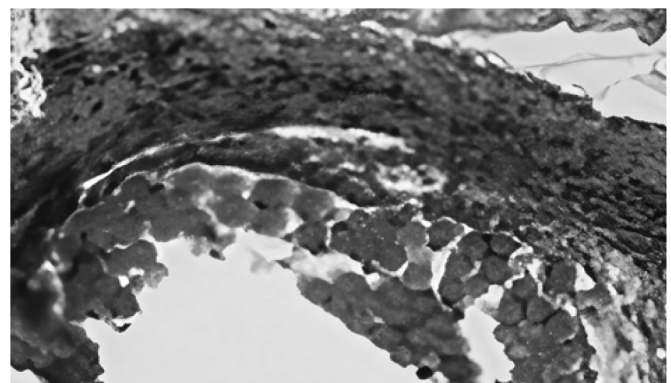


Рис. 5. Морфологическая картина образцов тканей фрагментов брюшной стенки образцов 4-й группы

ной брюшной стенки, однако расположение сетчатого трансплантата имеет значение.

Заключение

Таким образом, на основании проведенного экспериментального исследования [11], можно сделать вывод о том, что морфологические признаки незрелости коллагена, клеточная картина лейкоцитарной инфильтрации послеоперационного рубца являются неблагоприятными признаками, ухудшающими качество вентропластики. Напротив, морфологические признаки

зрелого коллагена послеоперационного рубца, минимальная лейкоцитарная инфильтрация, наличие в рубце фибробластов свидетельствуют о благоприятном характере раневого процесса и достаточном качестве выполненной вентропластики. Данные о значении морфологического исследования послеоперационного рубца на 14-е сутки после операции подтверждаются следующим испытанием оперированной брюшной стенки на разрывной машине: при неблагоприятной морфологической картине наблюдается снижение прочностных характеристик брюшной стенки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Belyansky I. et al. A novel approach using the enhanced view totally extraperitoneal (eTEP) technique for laparoscopic retromuscular hernia repair. *SurgEndosc*. 2018; 32 (3):1525–1532.
2. Ермолов А.С. и др. Хирургическое лечение пациентов с большими и гигантскими послеоперационными вентральными грыжами // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019; 9: 38–43.
3. Ермолов А.С. Выбор хирургической тактики в зависимости от величины вентральной грыжи и дефицита тканей брюшной стенки // *Московский хирургический журнал*. 2018; 3 (61): 78.
4. Blagovestnov D.A. et al. The role and place of prosthesis fitting methods of forward belly wall plasticity in primary median hernia surgery // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2011; 1 (18): 153–155.
5. Ramakrishna H.K., Lakshman K. Intra peritoneal polypropylene mesh and newer meshes in ventral hernia repair: what EBM says? *Indian J Surg*. 2013; 75 (5): 346–351.
6. Rodríguez M. et al. Polymer Hernia Repair Materials: Adapting to Patient Needs and Surgical Techniques. *Journal Materials (Basel)*. 2021; 14 (11): 27–90.
7. Sheen A.J. et al. Comparison of Mesh Fixation Techniques in Elective Laparoscopic Repair of Incisional Hernia-ReliaTack™ v ProTack™ (TACKoMesh) — A double-blind randomised controlled trial. *BMC Surg*. 2018; 18 (1): 46.
8. Цверов И.А., Базаев А.В. Оценка основных способов аллопластики с целью оптимизации лечения больных с послеоперационными вентральными грыжами // *Современные технологии в медицине*. 2011; 2: 73–76.
9. Исмаилов Г.М. Прогнозирование и профилактика раневых осложнений в лечении послеоперационных вентральных грыж: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. 2023; 151 с.
10. Полиданов М.А., Высоцкий Л.И., Гавруков Д.С., Капралов С.В., Барулина М.А., Волков К.А. Сравнение методов аллопластики передней брюшной стенки в эксперименте // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2024; 8: 186–190.
11. Заявка на патент РФ на изобретение № 2025103753 от 19.02.2025. Гавруков Д.С., Капралов С.В., Полиданов М.А., Мудрак Д.А., Волков К.А., Данилов А.Д., Кашихин А.А., Петрунькин Р.П. Способ оценки методики выполнения операции аллопластики брюшной стенки в эксперименте.

© Гавруков Дмитрий Сергеевич; Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru);
Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Волков Кирилл Андреевич; Ташухожеева Диана Тахировна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»